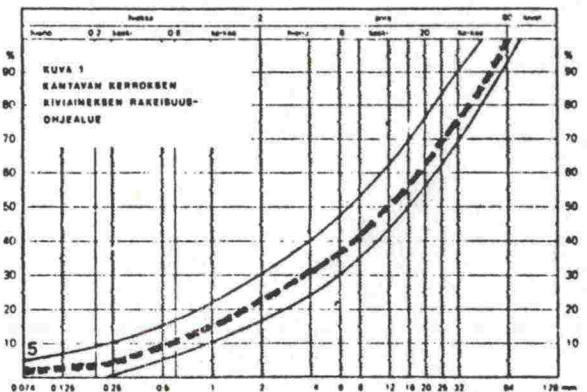
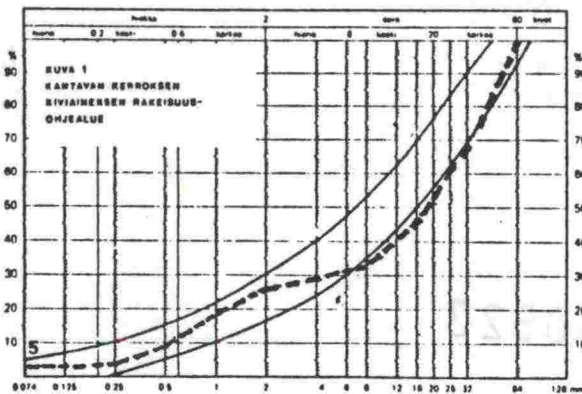
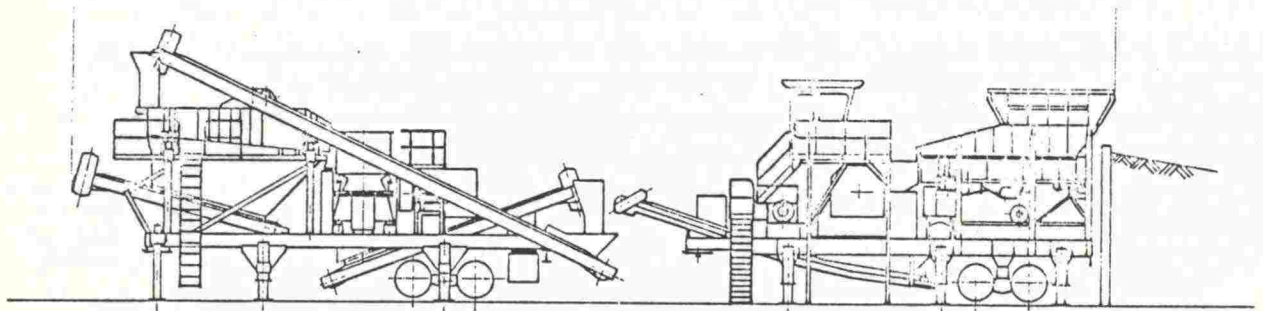


SITOMATTOMIIN KERROKSIIN KÄYTETTÄVÄN MURSKEEN LAADUN PARANTAMINEN



8.5.1985

Jorma Lähetkangas

08
TIE



85 0523

TYÖNTUTKIMUSTIEDOTE nro 40

SITOMATTOMIIN KERROKSIIN KÄYTETTÄVÄN
MURSKEEN LAADUN PARANTAMINEN

ISBN 951-46-7268-2

TVH:n monistamo 1985

S I S Ä L L Y S

1. JOHDANTO	1
2. ONGELMAT MURSKEEN LAADUSSA	1
2.1 Rakeisuusvirheet	1
2.2 Murskautumattomuus	2
3. MURSKEEN LAADUN PARANTAMINEN	2
3.1 Raaka-aineen suhteitus ja syöttö	2
3.2 Asetukset ja seulat 2-vaihemurskauksessa	3
3.3 Hiekan poisto murskauksen yhteydessä	4
3.4 Kolmivaihemurskaus	5
3.5 Hienomurskaimen käyttäminen	5
4. MURSKAUSTYÖN OHJAUS JA VALVONTA	5
5. LAATUVAATIMUKSET	6
6. YHTEENVETO	6

1. JOHDANTO

Ajoittain ilmenee tapauksia, jolloin suhteellisen uusi päällyste rikkoutuu sitomattomien rakennekerrosten riittämättömän kantavuuden takia. Melko yleistä on myös, että vaadittavien kantavuusarvojen saavuttaminen rakennusaikana on vaikeaa.

Eräs vaikuttava osatekijä tässä suhteessa on rakennekerrokseen käytettävän kivianeksen laatuvirheet. Tämän vuoksi rakentamistalouden toimistolta on tiedusteltu mainittujen materiaalien laadun parantamiseen soveltuvia menetelmiä ja niiden vaikutusta materiaalikustannuksiin.

2. ONGELMAT MURSKEEN LAADUSSA

2.1 Rakeisuusvirheet

Yleisin virhe kantavan kerroksen murskeissa on jakeiden 0,5-1 ja 1-2 mm liiallinen määrä. Tähän liittyy lisäksi yleensä jakeiden 2-4 ja 4-8 mm puute, jolloin rakeisuuskäyrään syntyy "hiekkapussi" ja murskeen kantavuusominaisuudet jäävät alhaisiksi. Hiekkapussi syntyy, kun raaka-aine ei ole soraa, vaan sisältää lähinnä hiekkaa ja kiviä.

Jakeiden 2-4 ja 4-8 mm puute aiheuttaa käyrän "roikkumisen". Roikkuminen syntyy joko raaka-aineen raakoostumuksen tai hienoaineksen poiston seurauksena.

Louheen ja kivien murskeessa pyrkii hienoainespitoisuus nousemaan liian suureksi.

Oman ongelmansa muodostaa laadun vaihtelu, mikä näkyy koetulosten hajontana. Mikäli tuote välivarasoidaan ennen käyttöä, ei tällä ole vaikutusta lopulliseen rakenteen laatuun. Murskeen homogenisointi onnistuu hyvin, kun välivarasto tehdään vetäen murske ohuina kerroksina ristiin. Sen sijaan ajettaessa kantavan kerroksen murske suoraan tielle, tulee rakenteeseen hyvinkin suuria paikallisia kantavuuseroja.

Yleisesti voidaan rakeisuudesta todeta, että tavallisimmin ainakin keskiarvokäyrät pysyvät vaaditulla ohjealueella, mutta käyrän muoto ei noudata rajakäyrien suuntaa vaan on enemmän tai vähemmän epäjatkuva.

2.2 Murskautumattomuus

Täysin murskautuneiden rakeiden määrän tulisi kantavan kerroksen murskeessa olla yli 20 %. Pienikivistä soraa murskattaessa tähän ei aina päästä, mikä huonontaa jonkin verran murskeen kantavuusominaisuuksia. Murskautuneisuuden vaikutus kantavuuteen on kuitenkin selvästi vähäisempi kuin rakeisuuden.

3. MURSKEEN LAADUN PARANTAMINEN

3.1 Raaka-aineen suhteitus ja syöttö

Lähtökohta laadukkaalle lopputulokselle on raaka-aineen tasalaatuisuus ja sopivuus murskaukseen. Ottorintauksen materiaali on useimmiten vaihtelevaa sisältäen hiekkaisia ja kivisiä kohtia. Tällaisessa tapauksessa syöttökoneen kuljettajan suorittama silmämääräinen suhteitus on laadun kannalta ensisijaisen tärkeä. Kokenut pyöräkuormaajan kuljettaja osaa ottaa vaihtelevastakin rintauksesta tasalaatuisen murskaukseen kelpoisen raaka-aineen.

Liiallisen hiekan sivuunkantaminen on tässä vaiheessa helpompaa ja halvempaa kuin sen poistaminen seulomalla murskeesta. Tämä tulee erityisesti kysymykseen rintaüksissa, joissa esiintyy puhtaita hiekkajuonteita.

Lisäkustannuksia syöttövaiheessa tehtävästä suhteituksesta ei juuri aiheudu. Jos suhteituksen lisäksi joudutaan siirtämään jotakin ainesosaa sivuun, aiheutuu siitä luonnollisesti kustannuksia. Kapasiteetiltaan oikein mitoitettu syöttökone ei ehdi tehdä materiaalin lajittelua, joten siihen tarvitaan lisäkone. Se nostaa murskeen hintaa n. 1,50 mk/m³, jos KUP:n vuokra on 160 mk/h ja murskaamon K3 kapasiteetti on 800 m³/td/tv.

Joissakin tapauksissa voi olla kannattavaa ajaa raaka-aineesta puuttuvaa jaetta kauempaakin murskauspaikalle ja sekoittaa sitä sopivassa suhteessa rintaudesta saatavaan materiaaliin. Toimenpide nostaa murskeen yksikköhintaa tapauskohtaisesti. Jos esimerkiksi jaetta x...x tuodaan 10 km:n etäisyydeltä ja sitä lisätään luonnonraaka-aineeseen 20 %, nousevat kustannukset n. 3 mk/m³itd.

Syöttösiilossa tulee aina olla raaka-ainetta, niin että laitos voi jatkuvasti käydä täydellä teholla. Jos murskaukseen tulee katkoja, aiheuttaa se valmiiseen tuotteeseen pienehköjä hienon ja karkean lajitteen pesäkkeitä. Nämä näkyvät rakenteessa epätasalaadun silmäkkeinä varsinkin ajettaessa murske suoraan käyttökohteeseen.

3.2 Asetukset ja seulat 2-vaihemurskauksessa

Jälkimurskaimen asetus määräytyy yleensä tehtävän lajitteen perusteella. Esimurskaimen asetuksella tasataan esi- ja jälkimurskaimen kuormitus. Asetuksilla voidaan vaikuttaa jonkin verran rakeisuusjakautumaan, mutta vaikutuksen suuruus on korkeintaan muutamia prosenttiyksikköjä. Hyvästä raaka-aineesta saadaan 2-vaihemurskauksella laadultaan kelpoista mursketta ilman erityisiä lisäkustannuksia.

Tehtäessä kantavan kerroksen mursketta 2-vaihemurskauksena, käytetään yleensä yhtä seulatasoa, jolla valmis tavara erotetaan materiaalivirrasta ennen sen joutumista jälkimurskaimeen. Seulan silmäkoko määräytyy tuotteen max. raekoon perusteella. Joissakin tapauksissa on tarpeen lisätä jälkimurskaimeen menevän materiaalin määrää. Tämä aikaansaadaan varustamalla osa seulatasoa tuotteen max. raekokoa pienempisilmäisellä verkolla. Niin silmäkoko kuin pinta-alasuhteetkin täytyy alustavasti arvioida rakeisuuden perusteella ja täsmentää, kun saadaan näytteet tuotteesta.

Asetuksen säätö laatuvaatimusten perusteella sekä sinänsä jo valmiin tavaran kierrättäminen jälkimurskaimessa pienentävät kapasiteettia ja nostavat yksikköhintaa arviolta 5-10 % siitä, mitä murske maksaisi murskattaessa laitoksen teknisten ominaisuuksien mukaisella teholla.

3.3 Hiekan poisto murskauksen yhteydessä

Hyvät murskaukseen kelpaavat luonnonsoraesiintymät käyvät yhä harvinaisemmiksi ja melko yleisesti joudutaan murskaamaan materiaalia, jossa on liikaa hiekkaa.

Hiekan poistoon voidaan käyttää tärysyöttimen välppäkiskojen alapuolelle asetettua hiekanerotuslaitteistoa. Laitteiston etuna on sen kuuluminen kiinteänä osana esimurskausyksikköön. Varjopuolena on kalteva ja pieni seulapinta-ala, jonka teho ei aina riitä. Lisäksi siinä käytettävän verkon silmäkoon tulee olla melko suuri, jolloin lopputuotteessa tarvittavia ainesosia seuloutuu pois. Hiekanerottimessa pitäisi seulana käyttää pitkulaisilla silmillä varustettua teräslankaverkkoa, jonka pienempi lankaväli on mahdollisimman pieni. Tällä nk. hiekanleikkurilla tullaan toimeen, jos poistettavan materiaalin määrä ei ole kovin suuri. Kun poistetulle jakeelle on hyötykäyttöä esim. hiekoitushiekkana, ei toimenpide nosta päätuotteen kustannuksia. Mikäli hyötykäyttöä ei ole, kohdistuvat käsittelykustannukset päätuotteelle. Ylimääräisen hiekan käsittelykustannukset ovat n. 4-5 mk/m³itd, joten vaikutus päätuotteen hintaan on suuruusluokkaa 0,5 mk/m³itd.

Kun poistettavaa hiekkaa on suhteellisen paljon, tehdään seulonta siten, että tärysyöttimen välpällä erotettu 0...60 materiaali viedään kuljettimella erilliselle seulalle. Tällä seulotaan liika hiekka pois ja karkea aines palautetaan pääkuljettimelle ja murskausprosessiin. Seulalaitoksen tulisi olla 2-tasoinen, ylempi verkko # 25-30 mm ja alempi # 4-8 mm tilanteesta riippuen.

Tarvittavasta laitteistosta aiheutuvat kustannukset ovat suuruusluokkaa 100 mk/h, mistä aiheutuu n. 1,0 - 1,5 mk/m³ lisäkustannus. Lisäksi poistetun hiekan käsittelystä tulee jonkin verran kustannuksia. Mikäli hiekalle ei ole käyttöä, rasittavat kustannukset päätuotetta n. 0,5 - 1,00 mk/m³itd.

3.4 Kolmivaihemurskaus

Kolmivaihemurskaus tulee soran murskauksessa harvoin kysymykseen ja sen pääasiallinen käyttöalue onkin louheen murskauksissa. Kolmivaihemurskaus lisää koko laitoksen kapasiteettia, joten sen kustannuksia lisäävä vaikutus jäänee 10 % suuruusluokkaan. Valmiuksia kolmivaihemurskaukseen ei TVL:n omilla laitoksilla ole.

3.5 Hienomurskaimen käyttäminen

Murskattaessa kantavan kerroksen materiaalia huonolaatuisesta raaka-aineesta, muodostuu lopulliseen tuotteen käyrään köyhä alue raesuuruuk-sien 2-8 mm kohdalle.

Käyrän muotoa voidaan parantaa lisäämällä prosessiin hienomurskain, jonka kautta osa murskattavista kivistä ohjataan. Hienomurskaimen käyttö "sivuvirrassa" on tutkittava tapauskohtaisesti lähtien raaka-aineen rakeisuudesta. Kustannuksia järjestelystä aiheutuu arviolta n. 2 mk/m³itd.

4. MURSKAUTYÖN OHJAUS JA VALVONTA

Murskaustyön johtajan tai valvojan on jatkuvasti huolehdittava raaka-aineen syötön oikeaoppisuudesta. Hiekka ei muutu kivimurskeeksi vaikka se murskaamon läpi kuljetetaankin. Raaka-aineen syöttövaiheessa tapahtuvaa suhteitusta ja lajittelua ei missään vaiheessa saa laiminlyödä.

Laadunvalvonnan eräs ongelma on seulottavan näytteen pieni edustavuus. Ohjeiden mukaan riittää jopa yksi näyte 500 m³itd tuote-erää kohti. Tällöin näytteen edustavuus on suuruusluokkaa 1 : 100 000, minkä merkitsevyys on varsin pieni. Näytteenottoa pitäisi tihentää ja näytteen kokoa kasvattaa edustavuuden parantamiseksi. Tässä yhteydessä pitäisi myös tuumia nykyisen standardiseulasarjan koon kasvattamista, sillä pienikokoinen seulasarja saattaa muodostaa esteen laadunvalvontanäytteiden edustavuuden lisäämiselle.

Laadunvalvontanäytteistä saatavan tiedon perusteella ei murskausprosessin ohjaus onnistu. Tulosten valmistuessa tilanne on auttamatta ohi ja mahdollista virheellistä tuotetta on varastossa huomattavan paljon. Tuotannon laatuohjausta varten pitäisikin kehittää kokonaan oma järjestelmänsä, jolla täydennettäisiin "toteavaa" laadunvalvontaa. Laatuohjaus saattaisi perustua esimerkiksi tiheästi otettaviin näytteisiin, joista selvitettäisiin vaikkapa läpäisyprosentit kyseisellä murskauspai-
kalla kriittisiksi osoittautuneiden 2-4 raekoon kohdalta.

Urakoitsijoiden tekemän murskauksen valvonta- ja laatuksymyksiin vaikuttaa myös nykyinen arvonalennusjärjestelmä. Arvonalennukset laatuvirheistä muodostuvat käytännössä niin pieniksi, että urakoitsijan kannattaa kiinnittää huomio tuotantokapasiteettiin laadun asemasta. Määrä on mennyt laadun edelle. Arvonalennuksen asemasta pitäisi harkita urakkahinnan sitomista kantavuusarvoon. Kantavuusarvoon perustuva hinnoittelu tapahtuisi esimerkiksi tuote-erittäin, jolloin tuote-erä olisi laadunvalvontanäytteiden välin suuruinen.

5. LAATUVAATIMUKSET

Laatuvaatimukset on asetettava murskauspaikkakohtaisesti käytettävissä olevien raaka-ainetietojen perusteella. Jos sallittuina poikkeamina käytetään nykyisiä arvoja päästään murskauspaikkakohtaiseen ohjealueeseen, joka ei ole liian helppo tai saavuttamattoman vaikeaa. Tämä edellyttäneen nykyistä tarkemman tiedon hankkimista raaka-aineesta jo suunnitteluvaiheessa. Laatuvaatimukseksi tulee asettaa kyseisestä raaka-aineesta kohtuudella saavutettavissa oleva E-moduli.

6. YHTEENVETO

Sitomattoman kantavan kerroksen rakentamiessa on tapahtunut epäonnistumisia, jotka ainakin osaksi ovat aiheutuneet huonolaatuisesta materiaalista. Materiaalin laatuvirheistä on merkittäväntä osaa näyteltyt raekoostumus, johon voidaan vaikuttaa materiaalin jalostusvaiheessa.

Kantavan kerroksen materiaalia murskattaessa on lähtökohtana raaka-aineen tasalaatuisuus ja sopivuus murskaukseen. Tasalaatuisuus tulee hoitaa materiaalin syöttövaiheessa ja ammattitaitoinen kokenut syöttökoneen kuljettaja on tässä vaiheessa avainasemassa. Hyvään laatuun pääseminen ei ole kustannuskysymys, mikäli rintaudesta löytyy tarvittavat ainesosat. Sopimattomien tai liiallisten aineosien sivuun laitosta voi tulla hieman lisäkustannuksia.

Puuttuvan jakeen lisääminen raaka-aineeseen on helppo tapa parantaa laatua. Siitä aiheutuvat kustannukset ovat kokonaisuutta ajatellen vähäisiä. Syystä tai toisesta menetelmää ei ole juuri käytetty. Yleisimmän rakeisuusvirheen - liian hiekan - poistaminen ei myöskään muodosta teknistä ongelmaa. Huonolaatuisissa ottopaikoissa tulisi vain varautua erillisen hiekanpoistoyksikön käyttöön ja 0,5 - 1,0 mk/m³itd lisäkustannukseen.

Murskainten asetusten ja seulojen järjestely ovat toimenpiteitä, joilla laatu voidaan hienosäätää ilman mainittavampia lisäkustannuksia. Tarvi-taan ammattitaitoa ja tietoa tuotteesta säätöjen ja seulojen saamiseksi laadun kannalta kohdalleen.

Kolmivaihemurskaus ja "sivuvirtana" tapahtuva hienomurskaus ovat käyttökelpoisia menetelmiä pyrittäessä hyvälaatuiseen murskeeseen. Toimenpiteistä aiheutuva lisäkustannus on suuruusluokkaa 2 mk/m³itd.

Murskausprosessin ja laadun ohjaus- ja valvontamenetelmiä pitäisi kehittää nykyisestä. Toimenpiteiden tavoitteena tulisi olla tiedon hankkiminen prosessin ohjausta ja tuotteen lopullista käyttöä varten. Käytössä olevat menetelmät ovat jälkeenhajoneita.

Asettamalla laatuvaatimukset raaka-ainekohtaisiksi ja maksuperusteet arvonalennuksen asemasta laaturiippuvaisiksi motivoidaan murskausurakoitsijoita nykyistä paremmin laadun huomioon ottamiseen.

Tarkasteltaessa kantavan kerroksen murskeen laatu- ja kustannuskysymyksiä, kannattaa muistaa, että rakenteen yksikkökustannuksesta n. 40 % muodostuu materiaalin jalostuksesta. Kun lisäksi otetaan huomioon, että sitomattoman kerroksen vuosikustannus mk/m²/v on huomattavasti pienempi kuin sidotun kerroksen kustannus, kannattaa murskeen laatuun sijoittaa rahaa ja huomiota merkittävästi nykyistä enemmän.

Kuopiossa 8.5.1985 Jorma Lähetkangas

JLs/AM

v. 1976

1. Asfalttipäällysteiden Ab 25/120 tiivistäminen omalla moottorivoimalla kulkevalla täryvalssijyrällä (TVH 732730)
2. Työmaatukikohdan ylläpito (TVH 732731)
3. Roudan rikkominen pudotusjärkaleellä (TVH 732732)
4. Jättisäkkien käyttö CaCl_2 -suolan käsittelyssä (TVH 732733)
- 5a. Soratien kulutuskerrostutkimus I (TVH 732734)
- 5b. Selvitys moreenimurskeen käyttökelpoisuudesta soratien kulutuskerrosmaterialeina (TVH 732735)
6. Tienpitoaineen ottopaikkojen hoito- ja kunnostus (TVH 732736)
7. Höyläystarve (TVH 732737)

v. 1977

8. Savipenkereen tiivistyskokeilu kumipyörävetoisella täryvalssijyrällä (TVH 732738)
9. Vesakonraivaimien vertailu
10. Vertaileva työntutkimus eri tiehöylyistä lumipolanteen höyläyksessä
11. TOBI -alikulukäytävät, työmenetelmäkuvaus rakentamisesta (TVH 732739)
12. Neli- ja kaksipyörävetoisen traktorikuormaajan vertailututkimus
13. Vertaileva tutkimus tiehöylyistä savisorakulutuskerroksen muokkauksessa
14. Vertaileva tutkimus kunnossapidon kuormauskoneiden kapasiteeteista
15. Auran nopeudet v. 1977
16. Routavaurio- ja pehmeikkökohtien vahvistustöiden työmenetelmät ja kustannukset (TVH 732740)

v. 1978

17. Vertailu kalsiumkloridin ja jäteliipeän käytöstä pölynsidonnassa eri kuljetusolosuhteilla (TVH 732741)
18. Seulontavaunu SL-550
19. Höyrykehittimien vertailu
- 20a. Soratien kulutuskerrostutkimus IIa (TVH 732742)
- 20b. Soratien kulutuskerrostutkimus IIb (TVH 732743)
21. Työmaatukikohtien perustamiskustannukset (TVH 732744)
- 22a. Tielanojen vertailututkimus I (TVH 732745)
- 22b. Tielanojen vertailututkimus II (TVH 732746)

v. 1979

23. Työmaatukikohdan paikan valinta (TVH 732747)
24. Tutkimus kuorma-autojen sivuauran käytöstä
25. Pengerluiskan tasauksen menetelmävertailu

v. 1980

26. Tiehöyliä vertailututkimus
27. Tutkimus sirottelulaitteiden toimivuudesta
28. Vertaileva tutkimus öljysoran revinnän menetelmistä (TVH 732748)

v. 1981

29. IH -talvihammasterien vertailututkimus (TVH 732749)
30. Lanaus-höyläys vertailu (TVH 734750)
31. KA -vinoetuauran lumenohjaussiipien vertailututkimus
32. Tutkimus VAMMAS -lumisiiven heitto-ominaisuuksista

v. 1982

33. Lumiaurojen vertailututkimus
34. Suoran, teroitettun hammasterän ja koveran talvihammasterän vertailu

v. 1983

35. Tutkimus tien jakavan ja sitomattoman kantavan kerroksen levitysmenetelmistä (TVH 734751)
36. Tiemestaripiirin tukikohtatilojen käyttö
37. Tiehöylän renkaiden pitokykytutkimus

v. 1984

38. Vammastiehöylän superkelluntalaitteen toiminta polanteen höyläyksessä

v. 1985

39. Imeytysseppelyksen taloudellisuusvertailu (TVH 734752)
40. Sitomattomiin kerroksiin käytettävän murskeen laadun parantaminen